

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Proses Pembubutan

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut. pada proses membubut, benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasang pada ujung poros utama. Benda kerja berputar dengan menjalankan mesin pada putaran poros utama sesuai tingkat putaran yang ditentukan.

Pahat dipasang padaudukan pahat dan kedalaman pemotongan (a) diatur dengan menggeserkan peluncur silang roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter, dimana kedalaman pemotongan adalah setengah dari harga tersebut). Pahat bergerak bergeser bersama eretan, dan gerak makan (f), diatur dengan lengan pengatur pada rumah roda gigi. Gerak makan (f) tersedia pada beberapa tingkat, dimana standar satuannya ada dua macam yaitu dalam millimeter per putaran dan dalam inch per putaran.

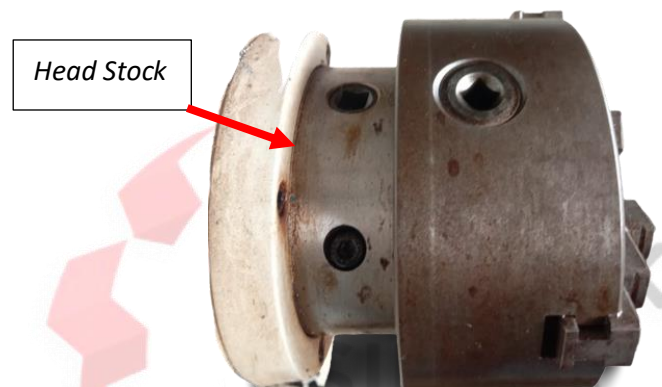


Gambar 2.1 Mesin Bubut Krisbow Kw15-979
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Bagian-Bagian Mesin Bubut

a. *Head Stock* / Kepala Tetap

Head Stock merupakan tempatnya transmisi gerak yang mengatur putaran yang dibutuhkan saat proses pembubutan. Fungsi dari *head stock* sebagaiudukan chuck dan spindel, dan pengaturan kecepatan putaran *spindle*.



Gambar 2.2 *Head Stock* / Kepala Tetap
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

b. *Tail Stock* / Kepala Lepas

Tail Stock merupakan penyangga benda kerja yang panjang, kedudukan *chuck bor*, *reamer*, dan untuk proses permesinan bubut tirus pada mesin bubut.



Gambar 2.3 *Tail stock* / Kepala Lepas
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

c. *Tool Post* / Tempat Pahat

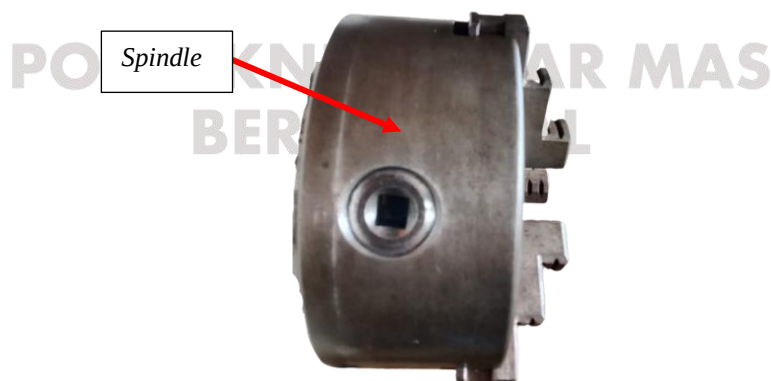
Tool Post yaitu tempat rumah pahat, yang digunakan sebagai tempat dudukan pahat bubut.



Gambar 2.4 *Tool post* / Tempat Pahat
Sumber Foto : Dokumen Pribadi (2022)

d. *Spindle* / poros

Spindle merupakan tempat pemasangan benda kerja untuk proses penyayatan. Terdapat dua macam *spindle* yaitu *spindle* rahang tiga dan *spindle* rahang empat.



Gambar 2.5 *Spindle* / Poros
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

e. *Lead Crew* / Ulir Pembawa

Lead Crew merupakan poros berulir panjang yang terletak sedikit dibawah dan sejajar dengan tepi yang dapat dihubungkan oleh roda gigi pada kepala tetap dan rotasi dapat dibalik.



Lead Crew

Gambar 2.6 *Lead Crew* / Ulir Pembawa
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

f. *Feed Rod* / Poros Berjalan.

Feed rod terletak dibawah ulir pengarah yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari gear box cepat untuk menggerakkan mekanisme geladak ke arah melintang atau membujur.



Feed Rod

Gambar 2.7 *Feed Rod* / Poros Berjalan
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

g. *Carriage* / Eretan

Carriage yaitu berfungsi untuk menahan beban dan mengarahkan pahat, potong eretan / *carriage* harus mempunyai struktur yang kuat agar tetap stabil pada saat pemotongan.



Gambar 2.8 *Carriage* / Eretan
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

h. *Bed Machine* / Alas Mesin

Bed Machine ini berfungsi untuk kedudukan eretan / *carriage*, alas mesin merupakan bagian rangka utama mesin bubut.



Gambar 2.9 *Bed Machine* / Alas Mesin
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

i. *Gear Box* / Lemari Roda Gigi

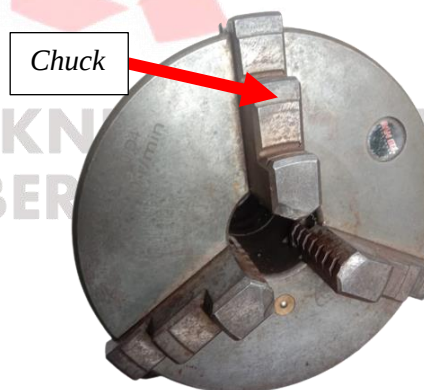
Gear Box atau roda gigi ini berfungsi untuk menstransmisikan daya dari spindel ke sekrup utama pada kecepatan yang berbeda.



Gambar 2.10 *Gear Box* / Lemari Roda Gigi
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

j. *Chuck*

Chuck pada dasarnya digunakan untuk menjepi benda kerja, khusus yang panjang, pendek dan diameter sesuai dengan *chuck*.



Gambar 2.11 *Chuck*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

k. *Foot Brake* / Rem Kaki

Rem Kaki berfungsi untuk menghentikan mesin, rem ini berguna ketika mengulir dan berhenti pada posisi tertentu. Rem ini sangat berguna dalam keadaan darurat dengan menekan rem kaki maka mesin otomatis berhenti.



Gambar 2.12 *Foot Brake* / Rem Kaki
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

l. *Handle* / Tuas

Handle fungsi dari *handle* yaitu mengatur kecepatan *spindle* (*rpm*), mengatur *feeding* atau kecepatan pemakanan secara otomatis, mengatur arah pemotongan.



Gambar 2.13 *Handle* / Tuas
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

m. *Working Light / Lampu Kerja*

Lampu berfungsi untuk menerangi operator dalam proses pengerjaan dan membantu operator melihat hasil pengukuran pada benda kerja.



Gambar 2.14 *Working Light / Lampu Kerja*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

n. *Control Panel / Panel Kendali.*

Panel kendali Merupakan tempat rangkaian sistem elektronik mesin bubut. Dimana terdiri dari lampu indikator , tombol *on/of*, tombol pendingin, tombol darurat dan tombol *push button*.



Gambar 2.15 *Control Panel / Panel Kendali*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

o. *Oil Tray* / Nampan Minyak

Oil Tray merupakan tempat geram dan pengalir *coolant* menuju tangki.



Gambar 2.16 *Oil Tray* / Nampan Minyak.
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

p. *Hose Cooling* / Selang Pendingin.

Hose Cooling berfungsi sebagai menyemprotkan cairan *coolant* saat pembubutan benda kerja. *Coolant* berguna untuk menstabilkan suhu alat potong sehingga ketajaman mata pahat bisa lebih tahan lama dan hasil dari pembubutan lebih optimal.



Gambar 2.17 *Hose Cooling* / Selang Pendingin.
Sumber :Dokumentasi Pribadi (2022)

Jenis – Jenis Mesin Bubut

a. Mesin Bubut *Bench* (mesin bubut mini)

Mesin bubut yang berukuran kecil ini biasanya dipasang pada meja atau bangku, mesin ini banyak digunakan untuk mengerjakan benda kerja yang kecil dan presisi.



Gambar 2.18 Mesin Bubut *Bench* (Mesin Bubut Mini)

Sumber : <https://teknikece.com/mesin-bubut/>

b. Mesin Bubut *Speed* (Mesin Bubut Kayu)

Mesin bubut yang tidak memiliki *gear box*, eretan dan poros *transportif*. Alat potongnya dipegang menggunakan tangan, biasanya digunakan untuk membubut kayu.



Gambar 2.19 Mesin Bubut *Speed* (Mesin Bubut Kayu)

Sumber : <https://teknikece.com/mesin-bubut/>

c. Mesin Bubut Standar

Mesin bubut jenis ini merupakan mesin paling umum yang sering kita jumpai di dunia teknik permesinan, mesin ini memiliki ukuran yang lebih besar dari mesin bubut bench dan memiliki konstruksi yang kuat cocok untuk benda kerja yang berkapasitas besar.



Gambar 2.20 Mesin Bubut Standar
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

d. Mesin Bubut Dalam Ruang (*Tool Room Lathe*)

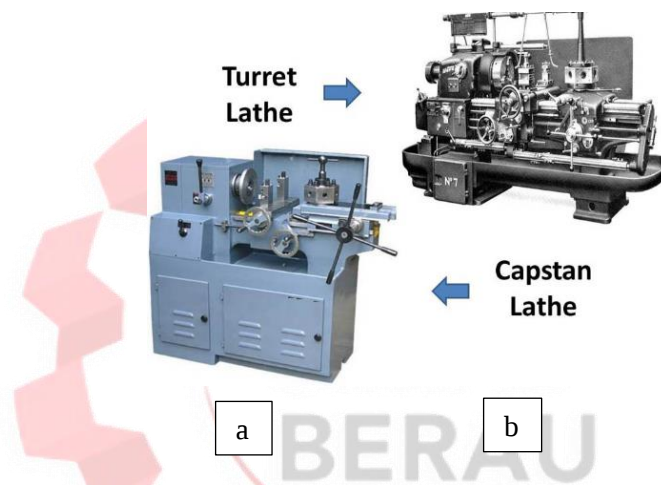
Mesin bubut ini tidak jauh berbeda dengan mesin bubut standar, mesin ini memiliki beberapa perlengkapan khusus untuk mengatur sudut dan kecepatan pemakanan. *Bed* pada mesin ini dibuat lebih kecil dibanding mesin bubut lainnya.



Gambar 2.21 Mesin Bubut Dalam Ruang (*Tool Room Lathe*)
Sumber : <https://teknikece.com/mesin-bubut/>

e. Mesin Bubut *Capstan Lathe* Dan *Turret Lathe*

Mesin bubut ini cocok digunakan untuk produksi banyak, tipe mesin ini semi-automatic dan memiliki rentang operasi yang luas. Dalam mengoperasikan mesin ini, operator tidak dituntut untuk memiliki banyak keterampilan skill namun keterampilan yang dibutuhkan adalah memasang alat potong pada kepala mesin, setelah itu pekerjaan dilakukan secara otomatis.



Gambar 2.22 Mesin Bubut *Turret Lathe* (a) Dan *Capstan Lathe* (b)
 Sumber : <https://teknikece.com/mesin-bubut/>

f. Mesin Bubut CNC (*Computer Numerical Control*)

Mesin bubut cnc yaitu mesin bubut otomatis, gerakan putaran mesin dan gerak pahatnya diatur menggunakan program yang dimasukan pada panel.



Gambar 2.23 Mesin Bubut CNC (*Computer Numerical Control*)
 Sumber : <https://teknikece.com/mesin-bubut/>

Pahat Karbida

Pahat jenis ini dibuat dengan campuran bahan kimia. Pada bentuk dasarnya *carbide* berbentuk butir-butir *abrasif* yang sangat halus, tetapi dapat dipadatkan dan dibentuk menjadi peralatan dalam industri. *Carbide* ini mempunyai kekerasan tiga kali lipat berasal baja, sebagai akibatnya hanya bisa dilakukan proses pemolesan memakai silikon karbida, boron nitrida bahkan berlian.

Cemented carbide atau karbida artinya bahan pahat yang didesain dengan cara menyinter (*sintering proses*) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya asal kobalt (Co) menggunakan cara carburizing masing-masing bahan dasar (serbuk) Tungsten (wolfram, W), Titanium (Ti), Tantalum (Ta) didesain sebagai karbida yang kemudian di giling (ball mill) serta disaring. salah satu atau campuran bubuk karbida tadi kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) serta dicetak tekan menggunakan menggunakan bahan pelumas (lilin). sehabis itu dilakukan *presintering* (1000°C) pemanasan mula untuk menguapkan bahan pelumas dan kemudian pada *presintering* (1600°C) sehingga bentuk keping (sisipan) menjadi yang akan terjadi proses cetak tekan (Cold, atau HIP) akan menyusut menjadi kurang lebih 80% asal volume semula.

Kekerasan material karbida yang disemen (diikat) ini hanya akan menurunkan Jika terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin akbar prosentase pengikat Co maka kekerasannya menurun dan kebalikannya keuletannya membaik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian jua berat jenisnya. Koefisien muainya $\frac{1}{2}$ asal baja serta konduktivitas panasnya sekitar 2 atau tiga kali konduktivitas panas HSS. Ada 3 jenis utama pada pahat karbida sisipan yaitu (Rochim, 1993) :

- a. Karbida Tungsten (WC+Co) adalah jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (*cast iron cutting grade*).
- b. Karbida Tungsten Paduan (WC-TiC+Co : WC-TaC-TiC+Co : WC-TaC+Co : WC-TiC-TiN+Co : TiC+Ni,Mo) artinya jenis pahat karbida memotong baja (*steel cutting grade*).
- c. Karbida lapis (*Coated cemented carbides*) adalah jenis karbida tungsten yang dilapisi (satu atau beberapa lapisan) karbida nitrida, oksida lain yang lebih rapuh tetapi kekerasan material tinggi.

Jenis Pahat Bubut

Pada mesin bubut mempunyai jenis pahat yang berbeda, yang dimana disetiap pahat bubut mempunyai kemampuan masing – masing. Seperti gambar berikut akan menjelaskan bentuk pahat bubut.



Gambar 2.24 Jenis Pahat Bubut
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Berdasarkan bentuknya, pahat bubut pada Gambar 2.24. dapat dijelaskan berikut :

a. Pahat *Chamfer*

Pahat *Chamfer* dapat digunakan untuk menumpulkan bagian benda kerja yang tajam yang tujuannya untuk mempermudah benda kerja dalam pemasangan.



Gambar 2.25 Pahat *Chamfer*
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

b. Pahat Bubut Rata

Pahat Bubut Rata dapat digunakan untuk membubut diameter luar benda kerja, pahat ini terdiri dari 2 macam, yaitu pahat kiri (pemakanan dimulai dari kanan ke kiri) dan pahat kanan (pemakanan dimulai dari kiri ke kanan).



Gambar 2.26 Pahat Bubut Rata
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

c. Pahat Ulir

Pahat Ulir dapat digunakan untuk membuat celah alur pada benda kerja sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.27 Pahat Ulir
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

d. Pahat Alur

Pahat Alur dapat digunakan untuk memotong benda kerja pada mesin bubut.



Gambar 2.28 Pahat Alur
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

e. Pahat Bubut Diameter Dalam

Pahat Bubut Diameter Dalam dapat digunakan untuk membubut lubang atau bagian dalam benda kerja, biasanya digunakan untuk memperbesar diameter lubang.



Gambar 2.29 Pahat Bubut Diameter Dalam
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022) .

Optimasi Geometri Pahat

Proses pembubutan menggunakan pahat sebagai perkakas potong dan geometri pahat tersebut merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan keberhasilan proses pembubutan. Geometri pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan terhadap jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan. Sehingga salah satu atau beberapa objektif seperti tingginya umur pahat, rendahnya gaya atau daya pemotongan, halusness permukaan, dan ketelitian geometri produk dapat tercapai. Untuk itu akan dibahas optimasi geometri pahat bubut yaitu sudut – sudut pahat.

a. Sudut bebas atau *clearance angle* (α_0)

Fungsinya yaitu mengurangi gesekan antara bidang utama dengan bidang transien dari benda kerja, sehingga temperatur tinggi akibat gesekan dapat dihindari dan keausan tepi pahat tidak cepat terjadi.

b. Sudut geram atau *rake angle* (γ_0)

Fungsinya yaitu sudut kiri bidang geram terhadap bidang normal sama seperti sudut bebas, sudut geram juga memiliki harga optimum. Untuk kecepatan tertentu, sudut geram yang besar akan menentukan rasio penempatan tebal geram (γ_h) yang mengakibatkan kenaikan sudut geser (ϕ) yang besar akan menurunkan penampang bidang geser (A_{shi}) sehingga gaya potong menurun, tapi sudut geram (γ_0) yang terlalu besar akan mengakibatkan proses perambatan panas sehingga temperatur naik, hal ini mengakibatkan menurunnya umur pahat.

c. Sudut Miring (λ_s)

Sudut miring mempunyai arah aliran geram, apabila harga nol maka aliran geramnya tegak lurus mata potong. Dengan adanya sudut miring, maka panjang kontak antara pahat dan benda kerja menjadi lebih diperpanjang. Temperatur bidang kontak akan mencapai harga minimum apabila $\lambda = +5^\circ$ untuk proses penghalusan (*finishing*) dan -5° untuk proses pengasaran (*roughing*).

d. Sudut Potong Utama (K_r)

Sudut potong utama memiliki peran antara lain, yaitu menentukan lebar dan tebal geram sebelum terpotong (b dan h), menentukan panjang mata potong yang aktif atau panjang kontak antara geram dan bidang pahat. Untuk kedalaman potong dan gerak makan yang tetap, dan dengan memperkecil sudut potong utama akan menurunkan tebal geram sebelum terpotong dan menaikkan lebar geram, dengan menggunakan persamaan rumus berikut :

$$h = f \sin K_r$$

$$b = a / \sin K_r$$

Dimana :

h = tebal geram

f = gerak makan

- Kr = Sudut potong utama
 b = harga lebar
 a = kedalaman pemakanan

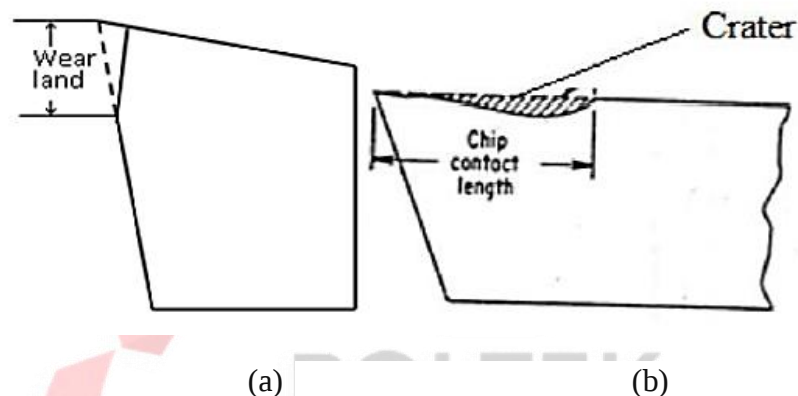
Tebal geram yang kecil secara langsung akan menurunkan temperatur pemotongan. Sehingga temperatur pahat akan relatif rendah, dengan demikian umur pahat akan lebih tinggi, dengan kata lain kecepatan potong dapat lebih dipertinggi untuk menaikkan kecepatan produksi. Tetapi pemakaian sudut potong utama yang kecil tidak akan selalu menguntungkan sebab akan menaikkan gaya radial.

Aus Pahat (*Tool Wear*)

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material berasal suatu bagian atas menjadi akibat pergerakan relatif antara bagian atas tersebut menggunakan permukaan lainnya. Keausan bukan hanya proses tunggal, namun beberapa proses tidak sinkron yang bisa berlangsung independen atau secara bersamaan. Kompleksitas proses keausan dapat dibaca menggunakan mengetahui banyak sekali variabel yang terlihat yaitu kekerasan, ketangguhan, kelenturan, modulus kenyal, kekuatan tarik, kelelahan, dan struktur permukaan yang saling bertemu, seperti geometri, temperatur, tegangan, distribusi tegangan, koefisien gesek dan afmosfir berasal permukaan yang aus (Abidin,2010). Prosedur keausan pahat sudah diidentifikasi serta diklasifikasikan, diantara adhesi (Burwell 1955 : Wright & Bagchi 1991), pengikisan(Wright & Bagchi 1981 : Ramalingan & Wright 1981 : Takeyama & Murata 1963), Difusi (Cook & Nayak 1969 : Trent 1963) *dissolusi* (Kramer & Kwon 1985 : Kramer & Suh 1980) reaksi kimia (Hartung & Kramer 1982 : Kramer 1987) dan oksidasi (Wright & Bagchi 1981). Terdapat 2 jenis aus yang umumnya terjadi di pahat, yaitu aus tepi (*flank wear*) serta aus kawah (*crater wear*). Aus tepi (*flank wear*) bermula berasal aksi pada fase 2 pada material atau proses *abrasive* berasal ujung terhadap bagian atas termesin (Byrd & Ferguson 1987 : Kwon,2000 : Ramalingan & Wright 1981). Aus tepi terjadi di bidang primer/mayor pahat, mirip terlihat di gambar 2.30. a (Viktor,2008).

Aus tepi dapat diketahui menggunakan mengukur panjang VB yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi aus sampai ke garis rata-homogen bekas keausan di bidang utama. Pertumbuhan keausan tepi (*flank wear*) pada umumnya dimulai menggunakan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat pahat digunakan diikuti pertumbuhan yang terletak seiring dengan bertambahnya waktu pemotongan dan lalu pertumbuhan yang cepat terjadi, seperti terlihat di gambar 2.30.b. sementara aus kawah (*crater wear*) diketahui sebagai kombinasi yang kompleks dari aneka macam prosedur keausan seperti *adhesi* (Asakawa & Hishiguti , 1980),

pengikisan (Kramer & Kwon , 1985 : Kwon,2000), *dissolusi* (Kramer & Kwon , 1985) dan *difusi* (Cook & Nayak, 1969 : Trent,1963). Aus kawah terjadi di bidang geram pahat, mirip terlihat di gambar 2.30.b (Viktor , 2008). Aus kawah bisa diukur menggunakan alat ukur kekasaran permukaan.



Gambar 2.30 (a) Flank Wear, (b) Crater Wear
Sumber : Viktor (2008)

Aus sisi dapat diukur menggunakan menggunakan mikroskop, dimana bidang potong diatur sebagai akibatnya tegak lurus sumbu optik. Besarnya keausan sisi/tepi dapat diketahui menggunakan mengukur panjang VB yaitu jeda antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai ke garis homogen-homogen bekas keausan pada bidang utama : Aus sisi/tepi sangat mempengaruhi hasil akhir, integritas bagian atas, gaya serta daya potong.

Parameter yang dapat diatur pada Proses Bubut

Proses pembubutan terdapat tiga parameter primer pada setiap proses yaitu kedalaman potong (*depth of cut*), kecepatan putar spindel (*speed*), dan kemampuan makan (*feed*). Dalam hal ini terdapat beberapa faktor yang lain seperti bahan benda kerja serta jenis pahat, setiap jenis pahat sebenarnya juga memiliki dampak yang cukup besar. 3 parameter diatas artinya bagian yang mampu diatur oleh operator langsung pada mesin bubut.

- Kedalaman Potong a (*depth of cut*) merupakan tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jeda antara bagian atas yang dipotong terhadap sebuah permukaan yang belum terpotong. Setiap kedalaman pemotongan dipengaruhi oleh nilai minimum dan maksimum dengan sebuah persamaan:
untuk kedalaman pangkas minimum (a_{min}) yaitu :
$$a_{min} = r_E$$

kedalaman pangkas maksimum (a_{maks}) yaitu :

$$a_{maks} = 0,7 S \sin Kr$$

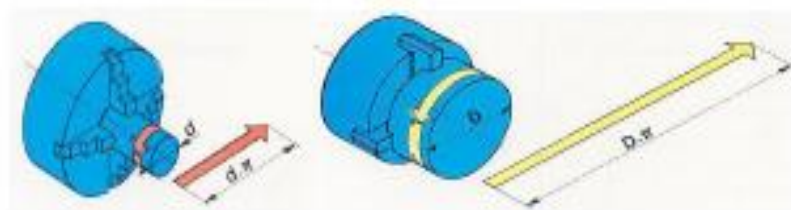
Dimana :

r_E : radius ujung pahat (mm)

S : panjang sisi pahat (mm)

Kr : sudut pangkas utama ($^\circ$)

- b. Kecepatan Potong (V_c) bisa selalu dihubungkan dengan *spindle* (sumbu utama) serta benda kerja, dimana kecepatan putar bisa diekspresikan menjadi putaran per menit (*revolution per rpm*). Pada hal ini dapat mendeskripsikan sebuah kecepatan putaranya, yang diutamakan dalam sebuah proses pembubutan yaitu kecepatan potong (*Cutting speed*) kecepatan sebuah benda kerja dilalui sang pahat/keliling benda kerja (perhatikan gambar 2.31). Dimana kecepatan potong secara sederhana dapat digambarkan menjadi keliling benda kerja yang dikalikan menggunakan sebuah kecepatan putar.



Gambar 2.31 Panjang Permukaan Benda Kerja

Sumber : Dr.Dwi Rahdiyanta (2010)

Kecepatan potong dengan demikian dipengaruhi diameter di benda kerja, selain kecepatan potong bisa juga dipengaruhi diameter pada benda kerja dan pahat juga sangat memilih harga kecepatan potong. Intinya proses pembubutan kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Apabila ingin memperoleh putaran mesin atau kecepatan potong digunakan persamaan menjadi berikut :

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Dimana

V_c = kecepatan potong (m/min)

d = diameter benda kerja (mm)

n = putaran spindel (*rpm*)

c. Kecepatan Putaran Spindel (n)

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d}$$

Dimana :

V_c = kecepatan potong (m/min)

d = diameter benda kerja (mm)

n = putaran spindel (*rpm*)

π = 3.14 (konstan lingkaran)

d. Waktu Pemotongan

Waktu pemotongan menunjukkan lamanya waktu yang diperlukan untuk satu kali pemotongan pada proses pembubutan. Waktu pemotongan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t_c = \frac{L}{f \cdot n} \cdot i \text{ (Menit)}$$

Dimana:

L = 55 mm

F = 0,52 mm

i = 1 kali penyayatan

e. Laju Pemakanan f (*feed*)

Laju Pemakanan f (*feed*) artinya jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda yang berputar satu kali sebagai akibatnya satuan f yaitu mm/putaran. Proses penghalusan bagian atas atau laju bagian atas (f), dapat ditetapkan sesuai kehalusan bagian atas produk yang diinginkan.

$$V_f = f \cdot n$$

Dimana :

V_f = laju pemotongan (mm/min)

f = gerak makan (mm/r)

n = putaran spindel (rpm)

Mekanisme Aus Pahat

Mekanisme aus pahat di Pemotongan bisa diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Proses pengikisan (*abrasive*) , yaitu berupa gesekan antara sirkulasi material benda kerja di bidang geram dan bidang utama pahat. Proses pengikisan berbanding langsung terhadap jarak potong (*cutting distance*) dan tidak tergantung pada suhu .
- b. Proses kimiawi , berupa gesekan yang terjadi antara 2 bagian atas dengan tekanan yang relatif besar serta lingkungan kimiawi yang aktif (udara maupun cairan pendingin dengan komposisi eksklusif) yang dapat mengakibatkan interaksi antara material pahat dengan benda kerja. permukaan material benda kerja yang baru saja terbentuk (bagian atas geram dan permukaan benda kerja yang telah terpotong) ketika kimiawi aktif sehingga mudah bereaksi kembali dan melekat di bagian atas pahat. pada saat kecepatan potong yang rendah, oksigen dalam udara di celah–celah diantara pahat dengan geram atau benda kerja mempunyai kesempatan untuk bereaksi menggunakan material benda kerja sehingga akan mengurangi derajat penyatuan dengan bagian atas pahat. Akibatnya wilayah hubungan dimana pergeseran antara pahat dengan geram/benda kerja akan lebih luas sehingga proses keausan karena ukiran akan terjadi lebih cepat.
- c. Proses adhesi (*adhesive*) atau kerusakan patah rapuh, terjadi disekitar mata potong pada bidang geram serta bidang utama pahat akibat kondisi pemotongan. pada ketika tekanan dan pada ketika temperatur yang sangat tinggi , bagian atas logam yang baru saja terbentuk akan menempel menggunakan permukaan logam yang lain.
- d. Proses peresapan atau difusi (*Diffusion*), terjadi perpindahan atom logam dan karbon berasal wilayah dengan kecepatan tinggi menuju ke wilayah dengan konsentrasi rendah antara material benda kerja dengan pahat dibawah tekanan dan temperatur yang tinggi dan adanya sirkulasi metal atau logam. Proses peresapan dapat dipengaruhi oleh faktor :
 - a. Daya larut (*solubility*) dari banyak sekali fasa pada struktur pahat terhadap material benda kerja.

- b. Temperatur.
- c. Kecepatan sirkulasi metal yang melarutkan.
- e. Proses (*oksidasi*) proses yang menyebabkan hilangnya satu atau lebih electron dari dalam zat, terjadi waktu kecepatan potong tinggi berarti temperatur juga tinggi. Ketahanan proses karbida atas proses oksidasi akan menurun, dimana karbida tersebut dapat teroksidasi Jika temperaturnya relatif tinggi serta tidak terdapat proteksi terhadap agresi oksigen dalam atmosfer, akibatnya struktur material pahat akan lemah serta tidak tahan akan deformasi yang ditimbulkan oleh gaya pemotongan.
- f. Proses (*deformasi*) plastik artinya kekuatan pahat buat menahan tegangan tekan yang artinya sifat material pahat yang dapat dipengaruhi oleh temperatur. Hal tersebut adalah faktor utama yang membatasi kecepatan penghasilan geram bagi suatu jenis pahat.

Gaya Potong

Logam atau benda kerja yang bersifat ulet apabila mendapatkan tekanan akibat timbul tegangan di daerah sekitar konsentrasi gaya pemakanan mata potong pahat. Tegangan pada logam (benda kerja) mempunyai orientasi yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangann geser yang maksimum. Gaya potong pada proses bubut dapat dinyatakan dengan rumus F_v sebagai berikut : (Taufiq Rochim, 2007 : 37) :

$$F_v = K_s \cdot A$$

Dimana : F_v = gaya potong (N)

A = penampang gerak sebelum dipotong (mm)²

K_s = gaya potong spesifik (N/mm²)

Dimana untuk mencari penampang geram sebelum terpotong menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$A = a \cdot f$$

Dimana: a = kedalaman pemotongan

f = gerak makan

Dan

$$K_s = K_{s\ 1.1} \cdot h^{-z} = (N/mm^2)$$

Dimana : $K_{s\ 1.1}$ = gaya potong spesifik referensi (N/mm^2)

h = tebal geram (mm^2)

z = pangkat tebal geram rata – rata = 0,2

Panas Pemotongan

Kerja mekanik dalam proses pemotongan yang bebas getaran, seluruhnya diubah menjadi panas. Energi mekanik persatuan waktu yang diubah menjadi energi panas persatuan waktu tersebut dapat ditulis rumus (Taufiq Rochim,2007:73) sebagai berikut :

$$Q = \frac{F_v \cdot V_c}{60} = J/s \text{ Atau } W$$

Dimana : Q = total panas yang dihasilkan per sekon J/s atau W

F_v = gaya potong (N)

V = kecepatan potong C_s (mm/menit)

Dan $Q = Q_c + Q_s + Q_w$

Dimana :

Q_c = panas yang terbawa dengan prosentase sekitar 75%

Q_s = panas yang merambat melalui pahat dengan prosentase sekitar 20%

Q_w = panas yang merambat melalui benda kerja dengan prosentase sekitar 5%

Umur Pahat

Pahat mempunyai umur artinya tidak selamanya dapat digunakan terus tanpa menyebabkan kerugian–kerugian yang tidak dikehendaki. Sebagai mana halnya temperatur pemotongan umur pahat dapat dianalisa secara teoritik yang berguna mengetahui variabel penentunya. Keausan pahat akan tumbuh atau membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan sampai pada suatu saat pahat yang bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi karena telah ada tanda-tanda tertentu yang menunjukkan bahwa umur pahat telah habis. Karena keausan merupakan faktor yang menentukan umur pahat, pertumbuhannya perlu ditinjau dengan memperhatikan faktor utama atau dominan mengenai mekanisme keausan.

Semakin besar keausan atau kerusakan terhadap pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu waktu saat ujung pahat sama sekali akan rusak. Kerusakan ini tidak boleh terjadi sebab gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusakkan seluruh pahat, mesin perkakas dan benda kerja. Untuk menghindari hal tersebut ditetapkan suatu batasan harga keausan (dimensi dari keausan tepi atau keausan kawah) yang dianggap sebagai batas kritis dimana pahat tidak boleh digunakan. Batas keausan yang diizinkan bagi pahat sebagaimana diterakan pada Tabel 2.1.1

Tabel 2.1 Nilai Batas Keausan Kritis Pahat Bubut

Pahat	Benda Kerja	VB (mm)	K (mm)
HSS	Baja & Besi Tuang	0.3 s/d 0.8	-
Karbida	Baja	0.2 s/d 0.6	0.3
Karbida	Besi Tuang & <i>Non Ferrous</i>	0.4 s/d 0.6	0.3
Keramik	Baja & Besi Tuang	0.3	-

Menurut persamaan F.W. Taylor pada tahun 1907, mengemukakan analisis teoritis umur pahat adalah sebagai berikut :

$$vT^n = C_T$$

Dimana :

V = Kecepatan Potong (m/min)

T = Umur Pahat (min)

n = Harga Eksponensial

C_T = Konstanta Umur Pahat Taylor Harga

Harga eksponensial (n) dapat dilihat pada tabel 2.2 , karena setiap jenis pahat mempunyai nilai yang berbeda-beda. Semakin kecil harga eksponensial n, maka umur pahat yang bersangkutan sangat dipengaruhi oleh kecepatan potong.

Tabel 2.2 Harga n Untuk Variasi Pahat Potong

Pahat Potong	Harga n
High Speed Steel (HSS)	0.08 – 0.2
Cast Alloys	0.1 – 0.15

Carbida	0.2 – 0.5
Ceramics	0.5 – 0.7

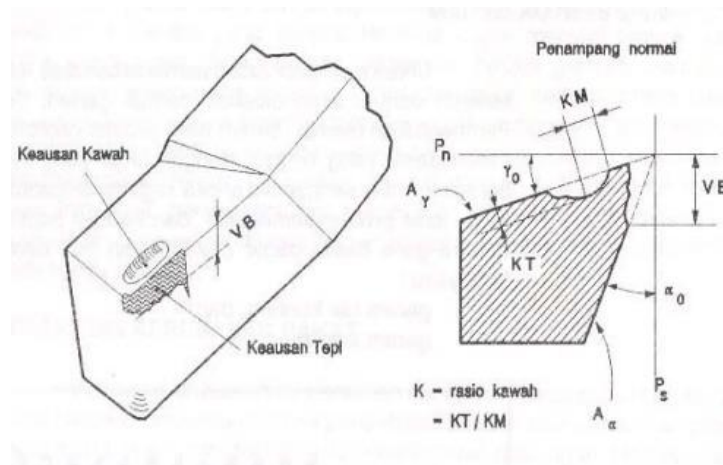
Aus Sisi (VB) dan Aus Kawah (KT)

Selama proses pembentukan geram berlangsung, dimana pahat bisa mengalami kegagalan berasal fungsinya yang normal oleh karena itu ada beberapa hal penyebabnya diantaranya :

- Keausan secara sedikit demi sedikit membesar (tumbuh) pada bidang aktif pahat.
- Retak yang menjalar sehingga dapat menyebabkan patahan di mata pahat
- Deformasi* plastik yang akan mengubah bentuk pahat. Jenis kerusakan pahat yang terakhir disebabkan oleh tekanan dan oleh tekanan temperatur yang tinggi di bidang aktif, dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan menurun secara beserta menggunakan naiknya temperatur. pada saat proses pemotongan berlangsung, Keausan Tepi/Sisi (VB) dan pula Keausan Kawah (KT) akan mengembang (tumbuh) setara menggunakan bertambahnya waktu pemotongan (T_c) menit.

Aus Sisi yaitu merupakan bentuk aus pada sisi (*flank*) pahat potong yang ditimbulkan saat perubahan bentuk radius ujung pahat oleh gesekan antara bagian atas permesinan benda kerja menggunakan sisi pahat sebab kekakuan di benda kerja. Besar aus sisi dapat diketahui menggunakan mengukur panjang VB yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai dengan ke garis rata-rata bekas keausan di bidang utama. Aus sisi sangat mempengaruhi hasil akhir, integritas permukaan, gaya dan potong. Aus sisi sangat menentukan kriteria usia pakai pahat (*tool life*) dan merupakan indeks yang sangat penting untuk mengevaluasi *performance* dari pahat potong (Takatsu,1983).

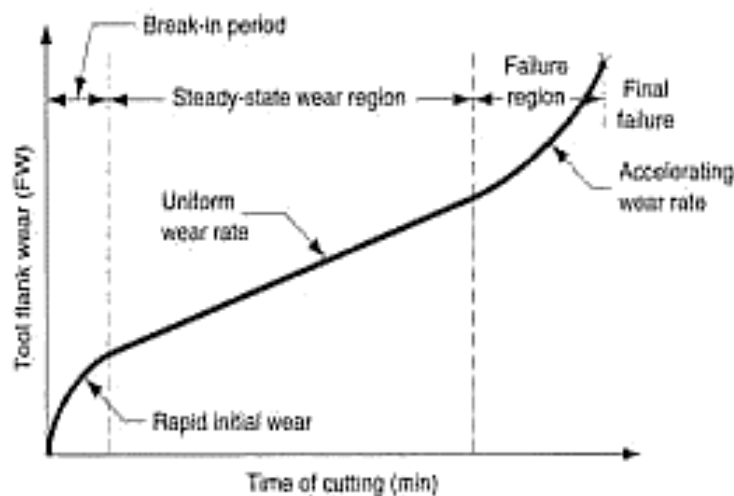
Aus kawah (*creater wear*) yang ditimbulkan suhu pemotongan yang tinggi di bidang hubungan antara serpihan dan pahat (*rake face*), dan pada tingkat tertentu terjadi pelarutan secara kimia antara pahat dan benda kerja yang menyebabkan pengikisan. Aus ini akan mempertinggi kerja suduk sadat pahat (*face edge*) dan bisa mengurangi gaya potong. Kedalaman kawah ialah parameter yang bisa digunakan buat mengevaluasi keausan kawah.



Gambar 2.32 Keausan Kawah Dan Keausan Tepi
Sumber : Taufiq Rochim (1993)

Mengidentifikasi laju keausan terbagi menjadi 3 wilayah hal ini yang sering kali digunakan yaitu :

- Periode peretakan (*break in periode*), merupakan periode keausan yang terjadi sesaat sesudah pengoperasian, dimana di periode ini keausan pahat berjalan sangat cepat terutama di bagian tajam asal ujung pahat.
- Daerah kerusakan (*failure region*) di periode ini laju keausan pahat berjalan dengan cepat sebagai akibatnya temperatur potong bertambah tinggi dan efisiensi pada proses permesinan berkurang , pada akhirnya pahat rusak akibat temperatur tinggi.
- Wilayah keausan konstan (*steady-state wear region*) pada wilayah ini menunjukkan laju keausan sebagai fungsi linier terhadap waktu.

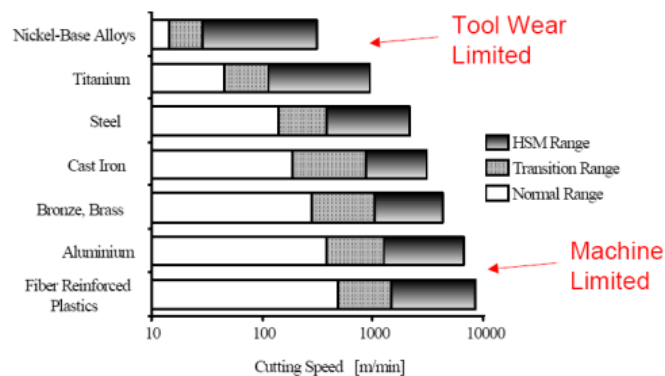


Gambar 2.33 Kurva Pertumbuhan Aus Sisi
Sumber : Taufiq Rochim (1993)

Permesinan Laju Tinggi (*High Speed machining*)

Permesinan laju tinggi merupakan salah satu teknologi terkini dewasa ini, dimana pada perbandingan menggunakan proses pemotongan konvensional dimungkinkan adanya peningkatan efisiensi, ketepatan, serta kualitas dari benda kerja dan di ketika yang sama bisa menurunkan biaya saat permesinan.

Konsep pemmesinan laju tinggi yang bisa diindikasikan menggunakan laju pemotongan tinggi sebenarnya masih bergantung kepada jenis bahan yang dipotong. Jadi laju pemotongan dipengaruhi oleh jenis bahan yang dipotong. Pada paduan baja, laju pemotongan ≥ 200 m/min dan bisa dikategorikan menjadi pemotongan laju tinggi pada operasi bubut. Sedangkan pada aluminium, laju pemotongan ≥ 1000 m/min baru bisa dikategorikan menjadi pemotongan laju tinggi. Proses permesinan kecepatan tinggi (*High Speed Machining*) yang dikemukakan sang (Solomon pada tahun 1931) menyatakan di proses permesinan berkecepatan tinggi yaitu proses permesinan dengan kecepatan potong sebanyak lima-10kali lebih banyak dari di proses konvensional. Terdapat penurunan temperatur yang relatif pada ujung pemotongan yang dimulai pada kecepatan potong tertentu pada bahan material yang berbeda.



·Gambar 2.34 Kecepatan Potong Pada Proses Laju Tinggi
Sumber : Schluzh & Moriawaki (1992)

Permesinan Keras (*Hard Machining*)

Proses permesinan keras sama dengan pembubutan biasa, namun pada proses pemesinan keras pemotongan dilakukan terhadap di komponen logam menggunakan kekerasan diatas 45 HRC. Proses permesinan keras dapat dilakukan tanpa menggunakan media pendingin buat jenis pahat *polycrystalline cubic boron nitride*(PCBN), Daniel(2003), Aaron & Tugrul(2003). Prinsip kerja proses bubut biasa intinya bisa ditetapkan pada proses bubut keras. Pemesinan kering dibutuhkan alat potong yang jauh lebih keras dan tahan terhadap *abrasive* dibanding menggunakan bubut biasa, sebab material yang akan di mesin mempunyai nilai kekerasan yang tinggi dan sifat *abrasive*.

Pemesinan keras dapat dilakukan terhadap berbagai macam jenis logam seperti baja paduan (*steel alloy*), baja buat bantalan (*bearing steel*). Proses bubut keras dapat menjadi solusi buat mengurangi saat produksi melalui pengurangan jumlah proses (tahapan), setup peralatan serta waktu buat pemeriksaan sebab proses bubut keras dapat dilakukan pada mesin bubut yang sama dimana proses bubut konvesional dilakukan. Bagaimanapun mesin buat bubut keras mempunyai kebutuhan spasi ruangan yang lebih kecil dibandingkan mesin gerinda. Pertimbangan bagi dunia industri buat menggunakan proses bubut keras artinya ratio antara biaya peralatan khususnya pahat potong yang dipergunakan terhadap umur pahat dari pahat tadi wajib rendah (Horison,2004). Material yang spesifik digunakan buat proses bubut keras artinya *Cubic Boron Nitride*(CBN), Keramik, dan Cemet. *Cubic Boron Nitride* (CBN) adalah material yang paling keras selain intan, dan sangat cocok digunakan pada proses bubut keras. Pahat sisipan (*insert*) CBN mulai semakin tinggi popularitasnya sehabis *general electric* menemukan kombinasi CBN menggunakan serbuk *Titanium Nitride* sebagai akibatnya dapat meningkatnya umur pahat menjadi 5 kali (Baggio, 1996).

Rujukan Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 3 Rujukan Hasil Penelitian Sebelumnya

No.	Judul Penelitian	Penulis, Tahun penelitian	Hasil Penelitian
1	Pengaruh Permesinan Laju Tinggi Keadaan Terhadap Pertumbuhan Aus Sisi (VB) pahat Karbida Berlapis (TiAlN/TiN) pada pembubutan Paduan Alumunium 6061.	Sunarto and Mawarni, 2018	Kecepatan potong (Vc) merupakan salah satu penyebab meningkatnya temperatur pemotongan dan akan mempengaruhi daya tahan alat potong. Akibat temperatur pemotongan yang tinggi pahat akan mengalami kerusakan salah satunya berupa Aus Sisi (VB)
2	Investigasi Mekanisme Keausan Alat Karbida pada Face Milling Paduan Ti-5Al-4.75Mo-4.75V-1Cr-1Fe Alloy.	Zhang, H.Z., Ming, W.W., Chen, M., Han, B., Rong, B., Liu, G. and Zhang, Y.S., 2010.	tipe Ti-5Al-4.75Mo-4.75V-1Cr-1Fe (TC18) adalah material mesin yang sangat sulit karena konduktivitas termalnya yang rendah, modulus elastisitas yang rendah, dan aktivitas kimia yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis keausan pahat berlapis PVD terutama adalah keausan perekat, difusi dan kawah, sedangkan mode

			kegagalan pahat karbida yang tidak dilapisi adalah tipping.
3	Dampak Beban Mekanik Terhadap Pahat Karbida Berlapis Bahan(TiAlN/TiN) Pada pembubutan Kering.	Sunarto, Armansyah Ginting, Basuki Wirjo Sentono, 2015	Kajian menunjukkan keadaan lapisan setelah melakukan pemotongan dengan kondisi pemotongan yaitu pada kecepatan potong (V) 270 m/menit, gerak makan (f) 0,15 mm/put, kedalaman potong (a) 1,5 mm dan waktu pemotongan (tc) selama 2 menit terhadap baja AISI 1070 pahat coated mengalami kehilangan unsur pelapis pada lapisan luar (TiN) serta kerusakan yang terjadi pada pahat tersebut berupa aus sisi (VB) yang merata sebesar 0,05 mm sepanjang dalamnya pemotongan dan aus kawah (KT) sebesar 0,02 mm serta keberadaan unsur pelapis berdasarkan analisa dengan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) menunjukkan lapisan luar (TiN)

			sudah tidak tampak. Kerusakan pahat setelah memotong paduan Aluminium 6061 pada kondisi pemotongan yang sama berupa aus sisi (VB) = 0,04 mm dan tersebarnya Built Up Edge (BUE) pada lapisan luar pahat merata sepanjang dalamnya pemotongan dan bidang geram pahat yang dibuktikan dengan hasil Scanning Electron Microscope (SEM).
4	Analisa Umur dan Keausan Pahat Karbida Untuk Membubut Baja Paduan (ASSAB 760) Dengan Metode Variable Speed Machining Test	Budiman, H. and Richard, R., 2007	penelitian ini adalah menentukan umur pahat karbida yang digunakan untuk memotong baja paduan. Hasil penelitian mendapatkan umur pahat untuk kecepatan potong rendah adalah 140.33 menit dan pada kecepatan potong tinggi 14,756 menit Kata kunci: Pahat potong karbida, baja paduan



**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**